

## 2011年房総スロースリップイベントに伴う群発地震の詳細分布 Detailed hypocentral distribution associated with the 2011 Boso Slow Slip Event

木村 尚紀<sup>1\*</sup>, 武田 哲也<sup>1</sup>, 小原 一成<sup>2</sup>, 笠原 敬司<sup>2</sup>

KIMURA, Hisanori<sup>1\*</sup>, TAKEDA, Tetsuya<sup>1</sup>, OBARA, Kazushige<sup>2</sup>, KASAHARA, Keiji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(独) 防災科学技術研究所, <sup>2</sup> 東京大学 地震研究所

<sup>1</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED), <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

房総半島沖では5-7年間隔でスロースリップイベント(SSE)が繰り返し発生することが知られている。最新の活動は、2011年10月から11月にかけて、過去29年間で最も短い4年2ヶ月の繰り返し間隔で再来した。この活動に同期して、防災科学技術研究所(以下、防災科研とする)の高感度加速度計(傾斜計)においてSSEによる地殻変動が明瞭に観測された(木村・廣瀬, 2012)。房総SSEは群発地震を伴うことが大きな特徴であり、今回も多くの群発地震が発生した。SSE活動期間中には群発地震発生域の移動が明瞭に認められ、特徴的な期間毎に推定された房総SSEすべり域の移動と良く対応した。主な地震の防災科研Hi-netおよびAQUA MT/CMT解析による発震機構解は、フィリピン海プレートと日本島弧の相対運動方向に調和的な低角逆断層型が卓越した。また、群発地震の中には相似地震も見出され、特に傾斜変動の大きな期間に発生した。プレート沈み込み帯に発生する相似地震はプレート間の準静的すべりを反映する(Kimura et al., 2006)ことから、このSSEに伴う相似地震も、SSEのすべりによって励起されたプレート境界地震であるとみなすことができる。そこで、SSE活動を詳細に把握するため、群発地震の詳細分布を決定した。

関東平野は堆積層に厚く覆われ、震源決定を行う上での大きな課題となっている。つまり、堆積層の地震波速度は平均で $V_p \sim 1.9 \text{ km/s}$ ,  $V_s \sim 0.7 \text{ km/s}$ 程度であり(木村ほか, 2010)、地震波の到達走時に大きな影響を与えるとともに、人口稠密地帯であることからノイズレベルがきわめて高い。防災科研では、これらの問題に対処し、高感度地震観測を行うため、中深層・深層ボアホール観測点の整備を進めてきた。房総半島でも、掘削深度1000m級の観測施設が7か所に設置されている。これらの観測点では、地下深くにセンサーを設置することで、低速な堆積層の影響を低減できる。そこで、まず房総半島の掘削深度1000m級以上の観測点5点を用いて、4点以上で読み取りが得られた場合にhypomh(Hirata and Matsu'ura, 1987)により震源決定を行った。次いで、これを初期震源としてDouble Difference(DD)法により詳細分布を決定した。比較のため、防災科研Hi-net震源データを元にしたDD法による再決定をあわせて行った。

後者と比較して、前者による結果では、房総半島東岸において平均で2.0km浅くなり、南東岸では2.1km深くなった。これにより、Hi-net震源を元にした再決定震源と比較して、ゆるやかに北に傾斜する面状分布を示した。これらの地震の多くは低角逆断層型の発震機構解を有する。相似地震もこの面に沿って分布することから、この面がプレート境界すべり面に相当すると考えられる。2011年房総SSEに伴う群発地震の分布を2007年と比較すると、2007年は九十九里浜沖で地震が多く発生したのに対し、2011年は房総半島南東岸で多くの地震が発生した。先述の面状分布から、房総半島南東岸の地震もプレート境界地震と考えられ、こうした地震発生域の違いはSSEすべり分布の違いを反映している可能性がある。

キーワード: スロースリップイベント, 房総半島, 詳細震源分布, 繰り返し地震

Keywords: Slow slip event, Boso Peninsula, high-precision hypocenter distribution, repeating earthquake

## 関東地方の地震テクトニクスとM7クラスの地震 Seismotectonics beneath Kanto: A review of recent seismological studies

中島 淳一<sup>1\*</sup>, 内田 直希<sup>1</sup>, 長谷川 昭<sup>1</sup>, 出町 知嗣<sup>1</sup>, 海田 俊輝<sup>1</sup>, 海野 徳仁<sup>1</sup>

NAKAJIMA, Junichi<sup>1\*</sup>, UCHIDA, Naoki<sup>1</sup>, HASEGAWA, Akira<sup>1</sup>, DEMACHI, Tomotsugu<sup>1</sup>, KAIDA, Toshiki<sup>1</sup>, UMINO, Norihito<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科地震噴火予知研究観測センター

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Tohoku University

関東地方下には太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込んでおり、1923年関東地震を始めとする多くの被害地震が発生している。地震調査研究推進本部は、1885年以降に発生した5つのM7クラスの地震（1894年明治東京地震、1895年、1921年茨城県南部の地震、1922年浦賀水道地震、1987年千葉県東方沖地震）がランダムに発生したという仮定の下で、南関東でのM7クラスの地震の発生確率を計算し、その確率は今後30年間で70%程度であると報告している（地震調査委員会、2004）。しかしながら、推定に用いた5つの地震の発生メカニズムは必ずしもわかっておらず、首都直下の地震テクトニクスを理解する上では、この5つの地震の発生機構を明らかにすることが極めて重要である。

本講演では、最近の研究成果をレビューし、フィリピン海スラブと太平洋スラブの形状とその接触域の広がり、およびフィリピン海プレートの内部構造と過去の大地震の震源域の関係について報告する。これまでの研究により、(1) 1921年茨城県南部の地震と1987年千葉県東方沖地震は、フィリピン海プレート内部の蛇紋岩化領域の西縁に沿う、ほぼ鉛直な右横ずれ運動によって発生したこと、(2) 1922年浦賀水道地震は、フィリピン海プレート内部の地震であり、その起震応力場は1923年関東地震のアスペリティの固着によってフィリピン海プレート内に生じている応力場と調和的であることが明らかになった。1921年茨城県南部の地震と1987年千葉県東方沖地震は、フィリピン海プレートが2つに分裂する運動に伴って発生したプレート内地震であり、一方、1922年浦賀水道地震は、関東地震のアスペリティの固着によるフィリピン海プレート内への応力蓄積の過程の中で発生したプレート内地震である可能性が極めて高い。

キーワード: テクトニクス, プレート接触域, 蛇紋岩, 関東地震, 浦賀水道地震, 千葉県東方沖地震

Keywords: Kanto asperity, serpentinite, slab contact zone

## 1885年以降に南関東で発生したM7級地震の類型化 Classification of Magnitude 7 Earthquakes in Tokyo Metropolitan Area since 1885

室谷 智子<sup>1\*</sup>, 石辺 岳男<sup>1</sup>, 佐竹 健治<sup>1</sup>, 島崎 邦彦<sup>1</sup>, 中川 茂樹<sup>1</sup>, 酒井 慎一<sup>1</sup>, 平田 直<sup>1</sup>, 西山 昭仁<sup>1</sup>  
MUROTANI, Satoko<sup>1\*</sup>, ISHIBE, Takeo<sup>1</sup>, SATAKE, Kenji<sup>1</sup>, SHIMAZAKI, Kunihiko<sup>1</sup>, NAKAGAWA, Shigeaki<sup>1</sup>, SAKAI, Shin'ichi<sup>1</sup>,  
HIRATA, Naoshi<sup>1</sup>, NISHIYAMA, Akihito<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> ERI, the Univ. of Tokyo

地震調査研究推進本部の長期評価の対象となった5地震(1894年明治東京地震, 1895年および1921年茨城県南部の地震, 1922年浦賀水道付近の地震, 1987年千葉県東方沖地震)について, 収集した既往研究とデータ(石辺・他, 2009a, 2009b; 室谷・他, 2011)に基づく解析ならびに地震波速度構造(Nakagawa et al., 2011)との対比から, 震源域の推定等を行った。その結果, 1894年明治東京地震は, フィリピン海プレート(以下PHSと略記)内地震あるいは太平洋プレート(以下PACと略記)上で発生した地震, 1895年茨城県南部の地震はPAC内で発生した地震であったと考えられ, 1921年茨城県南部の地震, 1922年浦賀水道付近, 1987年千葉県東方沖の地震(Okada and Kasahara, 1990)はPHS内で発生した横ずれ型地震であった可能性が高い。

昨年3月に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)後に, 震源分布やメカニズム解に明瞭な変化が観測されている(例えば, Hirose et al., 2011; Kato et al., 2011)。関東地震の発生前後においても同様のことが考えられ, 現在の地震活動(起震応力場)が, 時間的あるいは空間的にどの程度定常的であるのか, また地震サイクルを通してどのように変化するか理解を進めることが, 時間依存モデルによる発生確率評価への1つの鍵になるかもしれない。例えば, 1923年大正関東地震(M7.9)前にPHS内部で発生したと考えられる横ずれ型地震(1921年茨城県南部の地震, 1922年浦賀水道付近の地震)が, 関東地震の発生直前に特徴的な地震であったのかどうかは興味深い(Nakajima et al., 2011)。

首都機能が集中する南関東では, PACとPHSが陸のプレートの下に沈みこんでおり, 様々な型の(巨)大地震が発生してきた。南関東を中心とした30km~80kmで発生するM7級地震の今後30年確率は, 上記の5地震に基づいて70%程度と推定されており, 切迫性が高い(地震調査委員会, 2004)。しかしながら, これらの地震の中には震源や発震機構が明らかにされていないものを含む。そこで, これらの地震の解明を目的として調査を行った。

1894年明治東京地震(M7.0, 宇津(1979)による)の震源深さは, これまでの既往研究で大きく異なり, 地殻内地震の可能性を示唆した研究もある。この相違は, 現存する少数の地震波形記録から読み取られたS-P時間の相違によるところが大きい。本研究において収集した記録からも, 帝国大学の本郷構内におけるS-P時間は約7~10秒とばらつく。また, 萩原(1972)ならびに中央気象台(1895)に基づく震度分布は同心円状である。一方, 南関東で発生した同年10月7日の地震では, PAC内地震の特徴である「異常震域」が見られる。また, 本郷におけるS-P時間は, 明治東京地震では約7秒, 10月の地震では約17秒と大きく異なる。このことは, 当時の震度分布から深さの議論が可能であり, 明治東京地震が少なくともPAC内地震ではなかった可能性を示唆する。

1895年茨城県南部の地震(M7.2)は, 東京におけるS-P時間(11.3秒)(大森, 1899)と宇津(1979)の震央(霞ヶ浦北西部), ならびに気象庁速度構造(上野・他, 2002)から, 震源深さは80km程度に推定された。東京において読み取られたS-P時間は, ばらつきがあるものの11秒程度であり, これは大森(1899)の東京におけるS-P時間と調和的である。

1921年茨城県南部の地震(M7.0)は, S-P時間と気象庁速度構造を用いて震源決定を行ったが, 石橋(1975)とほぼ同様の位置(深さ53km程度)に推定された。また, 観測された震度分布は同心円状であり, PAC内地震に特徴的に見られる異常震域は見られない。さらに, 牛山(1922)の初動から推定された発震機構は, 震源の精度を考慮しても横ずれ型であり, 低角逆断層型にはならない。これらの震源・発震機構は, 石橋(1975), 勝間田(2000), ならびに海野・他(2010)と調和的である。

1922年浦賀水道付近の地震(M6.8)は, 残された波形記録から再検測した, または原簿に残されたS-P時間から推定された震源は千葉県南西部の深さ53km程度であった。波形記録から読み取った, または中村(1922)による初動から推定された発震機構は, 既往研究による震源の相違を考慮しても横ずれあるいは正断層型であり, 逆断層型にはならない。また, 震度分布にPAC内地震の特徴は見られない。

キーワード: 首都直下地震, 類型化, プレート内地震

Keywords: Tokyo metropolitan earthquake, Classification, intraplate earthquake

## 三浦半島小網代湾内におけるロングジオスライサー掘削から採取された津波堆積物 Tsunami Deposits obtained from Long Geoslicer Survey in Koajiro Bay on the Miura Peninsula, Kanagawa, Japan

島崎 邦彦<sup>1\*</sup>, 石辺 岳男<sup>1</sup>, 佐竹 健治<sup>1</sup>, 藤原 治<sup>2</sup>, 須貝 俊彦<sup>3</sup>, 千葉 崇<sup>3</sup>, 岡村 眞<sup>4</sup>, 松岡 裕美<sup>4</sup>

SHIMAZAKI, Kunihiko<sup>1\*</sup>, ISHIBE, Takeo<sup>1</sup>, SATAKE, Kenji<sup>1</sup>, FUJIWARA, Osamu<sup>2</sup>, SUGAI, Toshihiko<sup>3</sup>, CHIBA, Takashi<sup>3</sup>, OKAMURA, Makoto<sup>4</sup>, MATSUOKA, Hiromi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 産総研活断層・地震研究センター, <sup>3</sup> 東大院新領域創成, <sup>4</sup> 高知大理

<sup>1</sup>ERI, the Univ. of Tokyo, <sup>2</sup>AFERC, AIST, <sup>3</sup>Frontier Sc., the Univ. of Tokyo, <sup>4</sup>Fac. Science, Kochi Univ.

関東地震の履歴解明を目的として、神奈川県三浦半島の南西端に位置する小網代湾において音波探査ならびにロングジオスライサー掘削調査を行った。その結果、およそ過去 1500 年間に相当する深さ約 2 m までの試料から 5 枚の粗粒堆積物が見出された。このうち上位の 3 層は、小網代湾奥の干潟におけるハンディージオスライサー掘削調査によって見出された 3 枚の関東地震の津波堆積物と対比される。Shimazaki et al. (2011) によって 1293 (正応六または永仁元) 年の鎌倉大地震が 1703 年元禄関東地震の一つ前の関東地震であった可能性が示唆されているが、本研究の結果はその可能性を支持する。

相模トラフ沿いのプレート境界において、1703 (元禄十六) 年と 1923 (大正十二) 年に関東地震が発生したことがわかっている。しかしながら、その一つ前の関東地震の発生日代は地形・地質学的調査あるいは歴史資料からいくつかの候補が挙げられているものの (例えば石橋, 1991, 1994; Shishikura, 2003), 明らかにされていなかった。そこで、Shimazaki et al. (2011) は小網代湾奥の干潟においてハンディージオスライサー調査を実施し、1923 年, 1703 年, およびそれ以前の関東地震によるものと考えられる 3 層の津波堆積物を採取し、元禄の一つ前の関東地震の発生日代が 1060-1400 AD であることを明らかにした。湾内における音波探査からは、ほぼ連続した音響反射層が多数分布していることが明らかとなり、堆積物中から過去の関東地震の津波堆積物が得られる可能性が高い。そこで、湾内 3 地点で 2 本ずつロングジオスライサー掘削を行い、海底下 4-6 m までの試料 6 本を採取した。

最も西の地点の深さ約 2 m までの試料における目視観察から、礫、粗粒砂、貝殻片などから成る粗粒堆積物がみとめられた。この層は、その上下の細粒砂やシルト・粘土から構成される内湾性堆積物とは明瞭に異なる。2 cm 刻みで深さ 2 m まで実施した粒径分析 (-1.0 から 4.5 より細粒まで, 0.5 刻み, 13 段階のふるい分け) からは、イベント層と考えられる 5 枚の粗粒堆積物の層が見出された。

最上位の粗粒堆積物は、海底面のごく直下にある。上から 2 番目の粗粒堆積物については、別のコアでこれに対応する層には手のひら大の亜円礫が水平に堆積していた。その上部にのみ付着したフジツボの年代は 1560-1820 AD (2 , 海洋滞留効果および暦年補正值) であり、付近の元禄隆起ノッチの穿孔貝の年代 (Shishikura et al., 2007) と同様の年代を示すことから、元禄関東地震津波によって運ばれた後にフジツボが付着した可能性が考えられる。さらに、上から 3 番目の層内における合弁貝殻、木片からはそれぞれ、1230-1400 AD, 1210-1280 AD の年代が得られた。これら 3 枚の粗粒堆積物は、主にその年代から湾奥の干潟で採取された 3 層の関東地震の津波堆積物と対比される。本調査から推定される元禄の一つ前の関東地震の発生日代は、1210 AD 以降であり、これは 1293 (永仁元または正応六) 年鎌倉大地震が元禄の一つ前の関東地震であった可能性を支持する。

上から 4 番目の層は、層内の木片から 720-960 AD の年代が得られ、これと上位の木片の年代 (1210-1280 AD) から、720-1280 AD の間に堆積したものと推定される。この間には、818 (弘仁九) 年の関東諸国の地震や 878 (元慶二) 年の地震などに関する記述が歴史資料に残されているが、推定された年代の幅が大きく、対応について議論することは困難である。また、上から 5 番目の層は、その上下の木片の年代から、560-690 AD に堆積したものと推定される。

謝辞: 本研究は、H19~H23 年度科学技術振興費「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 首都圏周辺でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等」による。

キーワード: 関東地震, 三浦半島, 小網代湾, 津波堆積物, 1293 年 (正応六年または永仁元年) 鎌倉大地震

Keywords: Kanto earthquake, Miura Peninsula, Koajiro Bay, Tsunami deposit, The 1293 Kamakura earthquake